



Pengaruh dan Korelasi Analisis Proksimat (MAD, VM, Ash dan FC) Terhadap Nilai Hardgrove Grindability Index (HGI) Batubara di PT. Bukit Asam, Tbk.

Effect and Correlation of Proximate Analysis (MAD, VM, Ash and FC) on the Hardgrove Grindability Index (HGI) Value of Coal at PT Bukit Asam, Tbk.

Astrid Fadhilah¹, Ah Mirul²

^{1,2} Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Indonesia

¹astridfadhilah@akipba.ac.id, ²ahmirul3@gmail.com

Penulis Korespondensi: Astrid Fadhilah | **Email:** astridfadhilah@akipba.ac.id

Diterima (*Received*): 29/12/2023 Direvisi (*Revised*): 29/12/2023 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 29/12/2023

ABSTRAK

Batubara merupakan salah satu bahan bakar yang bersumber dari hidrokarbon berbentuk padat. Analisis *proximate* memberikan informasi penting bagi perusahaan tambang atau PLTU terkait dengan kualitas bahan bakar yang akan digunakan. HGI merupakan tolak ukur secara laboratorium dari mudah atau sulitnya batubara digerus atau di *pulverizing*. Berdasarkan hasil pengujian bahwa dari masing-masing parameter analisis proksimat (MAD, VM, Ash dan FC) memiliki hubungan terhadap nilai *hardgrove grindability index* (HGI) batubara. Parameter *moisture air dry* (MAD) memiliki hubungan positif (cukup) terhadap nilai HGI batubara dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,265 dan nilai korelasi (r) 0,515, semakin meningkat kadar MAD maka nilai HGI akan semakin meningkat. Kandungan kadar *volatile matter* (VM) memiliki hubungan positif (sangat rendah) terhadap nilai HGI batubara dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0211 dan nilai korelasi (r) sebesar 0,1452, semakin meningkat kadar VM maka nilai HGI akan semakin meningkat. Sementara kandungan kadar abu (*ash*) memiliki hubungan negatif (rendah) terhadap nilai HGI batubara dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0588 dan nilai korelasi (r) -0,2424, semakin meningkat kadar abu maka nilai HGI akan semakin menurun. Kandungan kadar karbon tertambat (*fixed carbon*) memiliki hubungan positif (rendah) terhadap nilai HGI batubara dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0444 dan nilai korelasi (r) sebesar 0,2107, semakin meningkat kadar FC maka nilai HGI akan semakin meningkat.

Kata Kunci: Batubara, Analisis Proximate, *Hardgrove Grindability Index* (HGI), Korelasi

ABSTRACT

Coal is a fuel that comes from solid hydrocarbons. Proximate analysis provides important information for mining companies or PLTU's regarding the quality of the fuel to be used. HGI is a laboratory benchmark for the ease or difficulty of coal being crushed or pulverized. Based on the test results, each proximate analysis parameter (MAD, VM, Ash, and FC) has a relationship with the Hardgrove Grindability Index (HGI) value of coal. The moisture air dry (MAD) parameter has a positive (sufficient) relationship with the HGI value of coal with a coefficient of determination (R^2) of 0.265 and a correlation value (r) of 0.515, the more the MAD level increases, the HGI value will increase. The volatile matter (VM) content has a positive (very low) relationship to the HGI value of coal with a coefficient of determination (R^2) of 0.0211 and a correlation value (r) of 0.1452, the more the VM content increases, the HGI value will increase. Meanwhile, the ash content has a negative (low) relationship to the HGI value of coal with a coefficient of determination (R^2) of 0.0588 and a correlation value (r) of -0.2424. The more the ash content increases, the HGI value will decrease. The fixed carbon content has a positive (low) relationship to the HGI value of coal with a coefficient of determination (R^2) of 0.0444 and a correlation value (r) of 0.2107, the more the FC content increases, the HGI value will increase.

Keywords: Coal, Proximate Analysis, *Hardgrove Grindability Index* (HGI), Correlation

1. Pendahuluan

Batubara merupakan salah satu bahan bakar yang bersumber dari hidrokarbon berbentuk padat. Batubara adalah batuan organik yang berasal dari rombakan tumbuhan yang mengalami proses *peatification* dan *coalification* (Diessel, 1992). Penggunaan batubara sebagai bahan bakar banyak digunakan pada industri-industri besar seperti industri semen dan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Kualitas batubara yang digunakan pada PLTU harus dianalisis terlebih dahulu agar sesuai dengan standar batubara yang di perlukan di PLTU. Analisis yang dilakukan untuk mengetahui kualitas batubara meliputi *proximate analysis*, *ultimate analysis* dan analisis lainnya. Analisis *proximate* memberikan informasi penting bagi perusahaan tambang atau PLTU terkait dengan kualitas bahan bakar yang akan mereka gunakan serta membantu mereka memiliki teknologi pemanfaatan energi termal yang tepat. Menurut Yadav dkk. (2017 dalam Hilmi dkk., 2021) analisis *proximate* meliputi *moisture content*, *volatile matter*, *ash*, dan *fixed carbon* dari sampel batubara.

HGI merupakan suatu tolak ukur secara laboratorium dari mudah atau sulitnya batubara digerus atau di *pulverizing*. Nilai indeks ketergilingan memerlukan waktu dan tenaga yang diperlukan untuk menggiling batubara sampai pada kehalusan tertentu (Ghony, 2022). Berdasarkan hal tersebut, maka dianggap perlu dilakukan analisis pengaruh dan korelasi analisis proksimat (MAD, VM, Ash dan FC) terhadap nilai *hardgrove grindability index* (HGI).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Batubara

Menurut Elliot (1995 dalam Arif, 2014) batubara merupakan batuan sedimen (padatan) yang secara kimia dan fisik adalah heterogen yang mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, serta oksigen sebagai komponen unsur utama dan belerang serta nitrogen sebagai unsur tambahan.

2.2 Teori Pembentukan Batubara

Adapun teori pembentukan batubara yaitu :

1. Teori *In-situ* mengatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terbentuknya dimana ditempat tumbuh-tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian, maka setelah tumbuhan tersebut mati, belum mengalami proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification* (sukandarrumidi, 1995).
2. Teori *drift* menyebutkan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi ditempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian, tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan terakumulasi disuatu

tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami *coalification* (Sukandarrumidi, 1995).

2.3 Klasifikasi Batubara

Secara umum batubara dapat digolongkan menjadi 5 tingkatan mulai dari kualitas tinggi hingga rendah, yaitu *anthracite*, *bituminous coal*, *sub-bituminous coal*, *lignite* dan *peat* (gambut).

1. Anthracite

Pada *anthracite* kandungan C relatif lebih tinggi dibandingkan dengan H₂O, memperlihatkan struktur kompak, berat jenis tinggi, berwarna hitam metalik, kandungan *volatile matter* rendah, kandungan abu dan kandungan air rendah, serta mudah pecah. Apabila dibakar hampir seluruhnya habis terbakar tanpa timbul nyala. Nilai kalor lebih dari 6. 900 kcal/kg.

2. Bituminous

Pada *bituminous* kandungan unsur C relatif rendah dibandingkan dengan H₂O, berwarna hitam agak kompak, kandungan abu dan air relatif rendah (5%-10%) dan nilai kalor antara 5. 700-6. 900 kcal/kg.

3. Sub-bituminous

Mengandung kadar air berkisar 10%-40%, memiliki kadar karbon kurang dari 70% dan nilai kalor berkisar 4. 165-5. 700 kcal/kg.

4. Lignit (*lignite coal*)

Apabila dibakar menghasilkan nilai kalor 1. 500-4. 500 kcal/kg, memiliki warna hitam, sangat rapuh, memiliki kandungan karbon sedikit, kandungan abu dan sulfur banyak.

5. Gambut (*peat*)

Gambut (*peat*) merupakan cikal bakal terbentuknya batubara dimana memiliki kadar air yang lebih besar dengan nilai kalor berkisar 1. 700-3. 000 kcal/kg.

2.4 Parameter Kualitas Batubara

Dalam menentukan mutu/kualitas batubara perlu diperhatikan beberapa hal, antara lain:

1. Kadar Air Total (*Total Moisture*)

Menurut Febryanti dkk. (2022), kadar air total (*total moisture*) adalah banyaknya air yang terkandung dalam batubara sesuai dengan kondisi lapangan. Kandungan air total sangat dipengaruhi oleh ukuran butir dan faktor iklim. Kandungan air total dibagi menjadi dua bagian yaitu kadar air bebas (*free moisture*) dan kadar air bawaan (*inherent moisture*).

2. Analisis Proximate

Analisis *Proximate* memberikan gambaran jumlah kadar air (*moisture content*), kandungan karbon mudah menguap (*volatile matter*), kandungan abu (*ash content*) dan kadar karbon tertambat (*fixed carbon*).

- a. *Moisture Content* (kandungan *lengas*) menyatakan jumlah *lengas* dalam batubara akan mempengaruhi penggunaan udara primer. Batubara dengan kandungan *lengas* tinggi, akan memerlukan lebih

banyak udara primer untuk mengeringkan batubara tersebut agar suhu batubara pada saat keluar dari gilingan (*mill*) tetap, sehingga hasil produksi industri dapat dijamin kualitasnya (Sukandarrumidi, 2006). Untuk memperoleh nilai *moisture* masukkan nilai kedalam rumus berikut (PT. Bukit Asam, Tbk., 2020):

$$\text{Kadar air\%} = \frac{W-B}{W} \times 100\%$$

- b. *Volatile Matter* menyatakan banyaknya zat yang hilang bila sampel batubara dipanaskan pada suhu dan waktu yang telah ditentukan (setelah dikoreksi oleh kadar *moisture*) disebut *volatile matter*. *Volatile matter* yang menguap terdiri atas sebagian besar gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen, karbon monoksida dan metan (Muchjidin, 2005 dalam Hamdani dkk., 2014). Untuk memperoleh nilai *volatile matter* masukkan nilai kedalam rumus berikut (PT. Bukit Asam, Tbk., 2020):

$$\text{Kadar zat terbang\%} = \frac{B - C}{W} \times 100\%$$

- c. *Ash content* (kandungan abu) merupakan jumlah residu yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Kandungan abu berasal dari sisa pembakaran batubara. Keberadaan kandungan abu pada lapisan batubara dikarenakan senyawa organik dan anorganik yang merupakan hasil rombakan material disekitarnya yang bercampur pada saat transportasi, sedimentasi, dan pembatubaraan (Sidiq, 2011 dalam Hamdani, dkk., 2014). Untuk memperoleh nilai *ash* masukkan nilai kedalam rumus berikut (PT. Bukit Asam, Tbk., 2020):

$$\text{Kadar abu\%} = \frac{F - G}{W} \times 100\%$$

- d. *Fixed Carbon* menyatakan banyaknya karbon yang terdapat dalam material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan. Nilai ini semakin bertambah seiring dengan tingkat pembatubaraan. Kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar yaitu *fuel ratio* (Komariah, 2012 dalam Hamdani dkk., 2014). Untuk memperoleh nilai *fixed carbon* masukkan nilai kedalam rumus berikut (PT. Bukit Asam, Tbk., 2020):
- $$\text{Fixed carbon} = 100\% - (\% \text{air} + \% \text{abu} + \% \text{zat terbang})$$
3. *Sulfur* dalam batubara sangat bervariasi dan pada umumnya bersifat heterogen sekalipun dalam satu seam batubara yang sama. *Sulfur* dalam batubara *thermal* maupun *metalurgi* tidak diinginkan, karena *sulfur* dapat mempengaruhi sifat-sifat pembakaran yang dapat menyebabkan slagging maupun mempengaruhi kualitas produk dari besi baja. Oleh karena itu, dalam komersial *sulfur* dijadikan batas garansi kualitas,

bahkan dijadikan sebagai *rejection limit* (Rismayanti, 2012 dalam Hamdani dkk., 2014).

4. Kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran satuan dalam derajat panas. Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun yang dilepaskan oleh suatu benda (Hamdani dkk., 2014).
5. Analisis *ultimate* dilakukan untuk menentukan kadar *carbon* (C), *hidrogen* (H), *oksigen* (O), *nitrogen* (N) dan *sulfur* (S) dalam batubara (Kurniawan dkk., 2020).
6. Analisis *Hardgrove Grindability Index* (HGI), yakni suatu bilangan yang menunjukkan mudah atau sukarnya batubara digiling/digerus menjadi bahan bakar serbuk. Analisis HGI di dalam praktik sebuah batubara digunakan sebagai bahan bakar, ukuran butirnya dibuat seragam, dengan rentang halus sampai kasar (< 3 mm – 50 mm). ukuran paling halus perlu dibatasi dengan sifat *dustnes* (ukuran terkecil agar tidak diterbangkan oleh angin, dengan harapan tidak mengotori lingkungan), sedangkan *dutnes* dan tingkat kemudahan untuk diterbangkan angin dipengaruhi pula oleh kandungan *lengas* (*moisture content*). Makin kecil nilai HGI, maka makin keras keadaan batubaranya (Sukandarrumidi, 2006). Harga HGI diperoleh menggunakan rumus (Tim Kalibrasi PT. Bukit Asam, Tbk.):

$$Y = 11.35 + 6.99 (W_3 + W_4)$$

7. Analisis lainnya (*Miscellaneous Analysis*) meliputi titik leleh abu, *swelling index*, *ash analysis*, *trace elemen* dan lain-lain sebagainya (Simorangkir, 2014).

2.5 Basis Pelaporan Analisis Kualitas Batubara

Beberapa basis pelaporan hasil analisis batubara yang umum digunakan adalah sebagai berikut (ESDM, 2016 dalam Ghony, 2022) :

1. *As Received* (AR), yaitu suatu analisis yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan seperti dalam keadaan diterima atau disampling.
2. *Air Dried Basis* (ADB), yaitu suatu analisis yang dinyatakan pada basis contoh batubara dengan kandungan air dalam kesetimbangan dengan atmosfer laboratorium.
3. *Dried Basis* (DB), yaitu suatu analisis yang didasarkan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total.
4. *Dry Ash Free* (DAF), yaitu suatu analisis yang dinyatakan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total dan kadar abu.
5. *Dry Mineral Matter Free* (DMMF), yaitu suatu analisis yang dinyatakan pada kondisi dimana batubara diasumsikan bebas air total dan bahan mineral.

2.6 Jenis Pengujian

Berdasarkan jenis pengujian sampel yang ada di laboratorium Penanganan dan Angkutan Batubara PT. Bukit Asam, Tbk. terbagi menjadi dua jenis pengujian yaitu pengujian secara cepat (*Quick Test*) dan pengujian secara normal (*Normal Test*). Pada laporan ini menggunakan pengujian secara normal (*Normal Test*) dimana sampel batubara yang sudah di preparasi dikeringkan di *drying room* selama 24 jam selanjutnya sampel siap untuk dianalisis.

2.7 Langkah Pengujian

Langkah preparasi sampel pada pengujian ini dibagi menjadi dua macam berdasarkan metode ASTM D2013/2013M-21 tentang *standard Practice for Preparing Coal Sampels for Analysis*, yaitu preparasi sampel *general Analysis* dan preparasi sampel HGI dimana peralatan yang digunakan antara lain: Mesin peremuk (*jaw crusher, hammer mill, cross beater mill*), *screen*, sekop, nampan aluminium, botol sampel, sikat, *sieve* (600 μm -1.18 mm).

2.8 Metode Pengujian

Adapun metode pengujian yang digunakan yaitu metode *American Scociety for Testing Materials* (ASTM). *American Scociety for Testing Materiasl* (ASTM) adalah sebuah organisasi dunia yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa (Arifki, dkk., 2021).

2.9 Analisis Sampel

Analisis sampel yang dilakukan meliputi analisis proximate (MAD, VM, Ash dan FC) dan *hardgrove grindability index* (HGI). Analisis *proximate* menggunakan standar ASTM D7582-15 tentang *Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis*, parameter analisis *proximate* yang dilakukan meliputi analisis kadar air lembab (*moisture*), kadar abu (*ash*), kadar zat terbang (*volatile matter*) dan analisis karbon tertambat (Aulia dkk., 2021). Data analisis proksimat diukur dengan *Thermogravimetric Analyzer* (TGA) Leco 701. Diaman 1 gram sampel dimasukkan kedalam *crucible*, kemudian diletakkan pada *carousel*. Kemudian setelah sampel terisi penuh alat TGA Leco 701 akan melakukan analisis secara otomatis. Proses analisis memerlukan waktu sekitar 4-6 jam. Sedangkan untuk analisis HGI menggunakan ASTM D. 409/D409M-16 tentang *Standard Test Method for Grindability of Coal by The Hardgrove-Machine Method*. Menurut international standard (1994), rata-rata nilai ketergerusan bervariasi yaitu dari 34-55 dan dapat dikelompokkan menjadi sangat keras (<40), keras (40-50) dan sedang (>50). Selanjutnya 50 gr sampel batubara yang lolos saringan 200 mesh dikering udarkan (antara 16-30 *mesh*) ditempatkan di mesin *hardgrove* (pabrik miniatur) dengan delapan bola baja 1 inci. Jenis bobot teratas ditempatkan pada bola dan muatan batubara dan diputar sebanyak 60 putaran (Ghony,

2022). Berikut Ini merupakan alat *thermogravimetric analysis* dan HGI *machine* yang dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. *Thermogravimetric Analyzer Leco 701.*



Gambar 2. Seperangkat Alat Mesin HGI

2.10 Korelasi

Korelasi merupakan hubungan yang terdadi antara dua kejadian atau variabel dapat berupa hubungan positif atau hubungan negatif. Kejadian ini dapat dinyatakan dengan perubahan nilai variabel (Purba dkk., 2022).

Penelitian ini menggunakan korelasi *product moment pearson* dengan rumus sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum X_1 Y_1 - (\sum X_1)(\sum Y_1)}{\sqrt{\{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2\} \{n \sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2\}}}$$

Dengan,

r = koefisien korelasi *pearson product moment*

n = jumlah responden

$\sum X$ = jumlah skor X

$\sum Y$ = jumlah skor Y

$\sum XY$ = jumlah hasil skor X dan Y

$\sum X^2$ = kuadrat jumlah skor X

$\sum Y^2$ = kuadrat jumlah skor Y

Korelasi *product moment pearson* dilambangkan (r) dengan ketentuan nilai r tidak lebih dari harga ($-1 \leq r \leq +1$). Jika -1 berarti korelasi negatif sempurna, 0 tidak ada korelasi, $+1$ korelasi positif sempurna, $0 < r < 1$ jika variable X meningkat maka variable Y meningkat begitupun sebaliknya dan jika $-1 < r < 0$ jika variable X menurun maka variable Y akan meningkat begitupun sebaliknya. Sedangkan arti harga r akan dikonsultasikan dengan tabel interpretasi nilai r (Tabel 1).

Tabel 1 Interpretasi koefisien nilai korelasi (r)

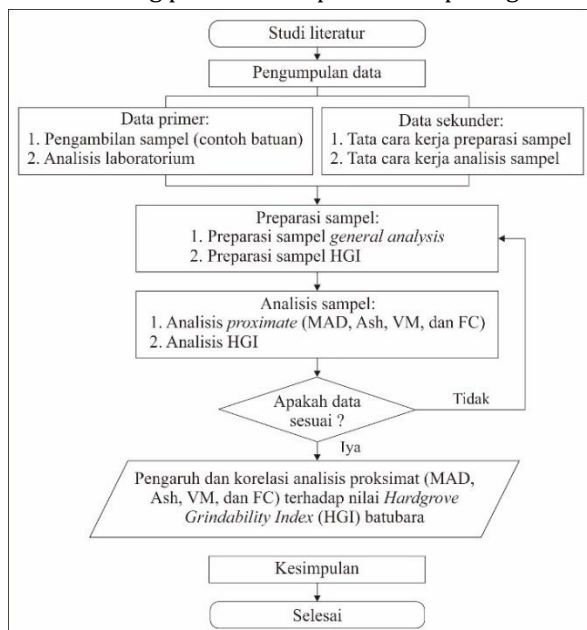
Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Cukup
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi analisis proksimat (MAD, VM, Ash dan FC) batubara di PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Mengidentifikasi analisis *hardgrove grindability index* (HGI) batubara di PT. Bukit Asam, Tbk.
3. Mengidentifikasi pengaruh dan korelasi analisis proksimat (MAD, VM, Ash dan FC) terhadap nilai *hardgrove grindability index* (HGI) batubara di PT. Bukit Asam, Tbk.

3. Data dan Metodologi

Metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu pengumpulan data hingga tahap analisis dalam mendukung penelitian dapat di lihat pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Analisis Proximate (MAD, VM, Ash, dan FC)

Berdasarkan hasil analisis *proximate* didapatkan bahwa dari ke-12 jenis sampel jika dirata-ratakan kadar MAD sebesar 13,38%, kadar VM sebesar 46,12%, kadar Ash sebesar 5,15% dan kadar FC sebesar 48,70% (Tabel 2).

Tabel 2 Hasil analisis *proximate* (MAD, VM, Ash dan FC)

Identitas Contoh	Berat Contoh (gr)	Moisture Air Dry (db)	Volatile Matter (db)	Ash (adb)	Fixed Carbon (db)
AMR 1	1,0459	11,85	45,84	6,94	46,91
AMR 2	1,0818	11,57	43,87	8,55	47,59
AMR 3	0,9307	11,48	43,56	8,05	48,38
AMR 4	1,0019	11,77	46,30	2,62	51,08
AMR 5	1,0038	11,54	47,06	3,09	50,00
AMR 6	1,0055	11,20	44,13	9,14	46,71
AMR 7	1,0037	14,25	45,40	2,80	51,80
AMR 8	1,0029	12,62	46,50	3,77	49,74
AMR 9	1,0044	12,89	46,71	3,22	50,07
AMR 10	1,0009	17,57	48,10	5,01	46,89
AMR 11	1,0040	15,59	48,63	3,26	48,11
AMR 12	1,0006	18,25	47,36	5,48	47,16

4.2 Hasil Analisis Gross Calorific Value (GCV)

Berdasarkan hasil analisis *gross calorific value* didapatkan bahwa ke-12 jenis sampel termasuk kedalam jenis batubara *bituminous*. Batubara *bituminous* jika dibakar dapat menghasilkan kalor yang lebih efisien dibandingkan dengan jenis sub-bituminous. Kandungan air pada batubara bituminus relative berkisar antara 8% - 10% dari massanya, sedangkan kadar karbonnya relative berkisar antara 70% - 86% dari massanya. Batubara jenis *bituminous* sudah layak sebagai sumber panas yang efisien dengan nilai kalori berkisar 5. 700 - 6. 900 kcal/kg. (Tabel 3).

Tabel 3 Hasil analisis *Gross Calorific Value* (GCV)

Identitas Contoh	Nilai Sulfur (%)	Nilai Kalor (Kcal/kg)	Nilai GCV (Kcal/kg)
AMR 1	1,12	6102	6077
AMR 2	0,80	6104	6087
AMR 3	0,26	5849	5843
AMR 4	0,84	6433	6414
AMR 5	0,82	6426	6401
AMR 6	0,78	6074	6056
AMR 7	0,62	6239	6225
AMR 8	0,59	6273	6260
AMR 9	0,55	6308	6296
AMR 10	0,47	5953	5922
AMR 11	0,47	5962	5952
AMR 12	0,71	5933	5917

4.3 Hasil Analisis HGI

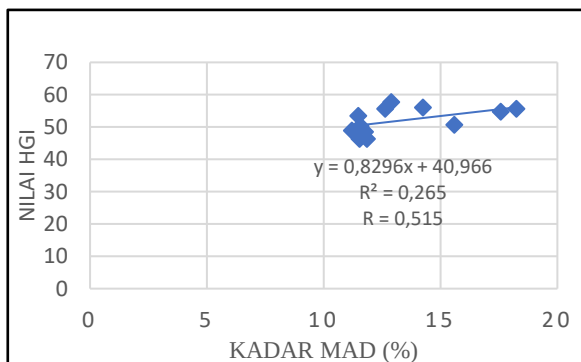
Berdasarkan hasil analisis HGI pada tabel 4 dapat diketahui nilai HGI pada ke-12 sampel berkisar 46-57 dimana tergolong kedalam jenis batubara keras dan sedang. Semakin tinggi nilai HGI semakin mudah batubara untuk digerus. Selain itu, HGI dapat mengetahui tingkat kekerasan batubara, apabila semakin rendah nilai HGI maka semakin keras batubara untuk digerus. Pengaruh nilai HGI terhadap sampel batubara adalah semakin besar nilai kalori suatu batubara maka nilai HGI yang dihasilkan akan semakin rendah.

Tabel 4 Hasil analisis HGI

Identitas Contoh	Nilai MAD (db) %	Nilai HGI
AMR 1	11,85	46,4
AMR 2	11,57	50,29
AMR 3	11,48	53,51
AMR 4	11,77	48,57
AMR 5	11,54	46,37
AMR 6	11,20	48,96
AMR 7	14,25	56,09
AMR 8	12,62	55,67
AMR 9	12,89	57,76
AMR 10	17,57	54,83
AMR 11	15,59	50,70
AMR 12	18,25	55,67

4.4 Korelasi Hasil Analisis Proximate (MAD, VM, Ash dan FC) Terhadap Nilai HGI Batubara

1. Korelasi Kandungan Kadar MAD Terhadap Nilai HGI

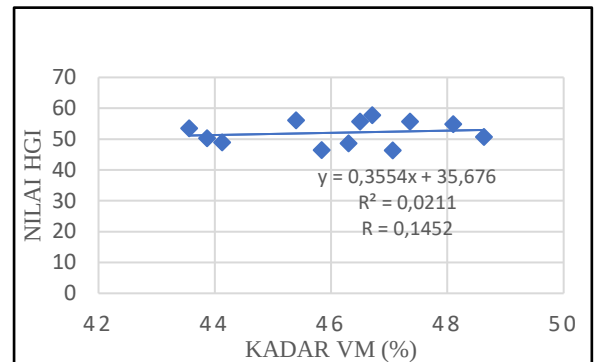


Gambar 4 Grafik korelasi kandungan kadar MAD terhadap nilai HGI

Berdasarkan grafik korelasi kandungan kadar *moisture air dry* (MAD) terhadap nilai HGI dapat diketahui bahwa kandungan MAD memiliki hubungan yang positif (cukup) terhadap nilai HGI pada batubara, berbanding lurus dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,265. Nilai korelasi kandungan *moisture air dry* terhadap nilai HGI adalah (R) = 0,515. Tingkat korelasi cukup bahwa pada setiap sampel semakin besar kadar *moisture air dry* pada batubara, maka

nilai HGI akan semakin besar begitupun sebaliknya (Putri dkk., 2022) (Gambar 4).

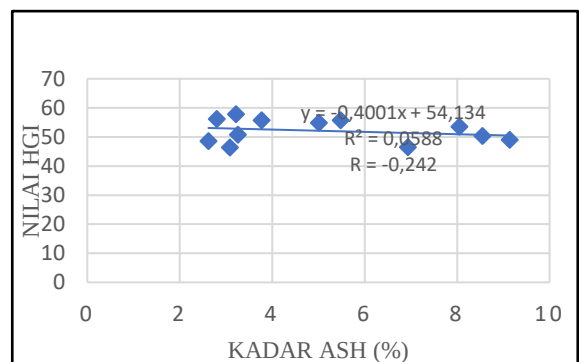
2. Korelasi Kandungan Kadar VM Terhadap Nilai HGI



Gambar 5 Grafik korelasi kandungan kadar VM terhadap nilai HGI

Berdasarkan grafik korelasi kandungan kadar VM terhadap nilai HGI dapat diketahui bahwa kadar volatile matter memiliki hubungan (positif) yang sangat rendah terhadap nilai HGI pada batubara dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0,0211. Nilai korelasi kadar volatile matter terhadap nilai HGI (R) = 0,1452. Korelasi antara keduanya sangat rendah dengan korelasi berbanding lurus. Semakin meningkat kadar zat terbang, maka nilai HGI akan semakin meningkat begitupun sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan kandungan air yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang terdapat didalam batubara. Selain itu, kadar zat terbang memiliki hubungan erat dengan tingkat pembatubaraan dimana semakin tinggi tingkat batubara maka kandungan zat terbang (*volatile matter*) akan semakin berkurang (Gambar 5).

3. Korelasi Kandungan Kadar Ash Terhadap Nilai HGI

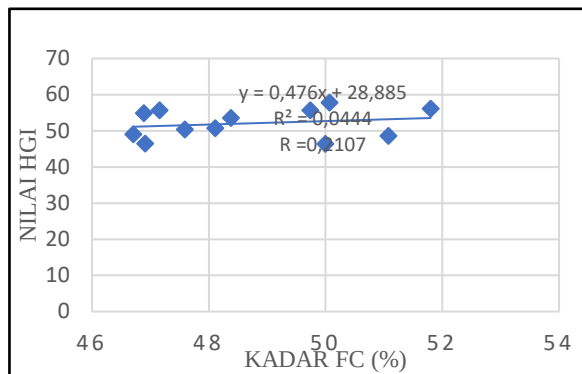


Gambar 6 Grafik korelasi kandungan kadar ash terhadap nilai HGI

Berdasarkan grafik korelasi kandungan kadar ash terhadap nilai HGI dapat diketahui bahwa kadar ash memiliki hubungan (negatif) yang rendah dengan korelasi

berbanding terbalik dimana semakin tinggi kadar abu maka nilai HGI akan semakin rendah begitupun sebaliknya. Nilai HGI pada batubara dengan nilai *koefisien determinasi* (R^2) yaitu 0,0588. Nilai korelasi kadar *ash* terhadap nilai HGI adalah (R) = - 0,2424. Kandungan abu yang tinggi dikarenakan mengandung senyawa *silika* yang bereaksi dengan *kalsium hidroksida* yang membentuk senyawa yang memiliki sifat semen (Gambar 6).

4. Korelasi Kandungan Kadar FC Terhadap Nilai HGI



Gambar 7 Grafik korelasi kandungan kadar FC terhadap nilai HGI

Berdasarkan grafik korelasi kandungan kadar FC terhadap nilai HGI dapat diketahui bahwa kandungan kadar *fixed carbon* (FC) memiliki hubungan (positif) yang rendah dengan korelasi berbanding lurus dimana semakin meningkat kadar FC maka nilai HGI akan semakin meningkat begitupun sebaliknya. Nilai *hardgrove grindability index* pada batubara dengan nilai *koefisien determinasi* (R^2) yaitu 0,0444. Nilai korelasi kandungan kadar *fixed carbon* terhadap nilai HGI adalah (R) = 0,2107. *Fixed carbon* (FC) menjelaskan karbon yang terdapat dalam material sisa setelah volatile matter dihilangkan. FC merupakan ukuran dan padatan yang dapat terbakar setelah zat *volatile matter* yang ada dalam batubara menguap. Semakin tinggi kadar volatile matter maka kandungan *fixed carbon* akan semakin tinggi begitupun sebaliknya. (Gambar 7).

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengaruh dan korelasi hasil analisis proksimat (MAD, VM, ASH, dan FC) terhadap nilai *hardgrove grindability index* (HGI) dapat disimpulkan bahwa: 1) Terdapat hubungan positif (cukup) antara kandungan kadar MAD terhadap nilai HGI batubara dimana diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,265 dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,515. Korelasi antara keduanya berbanding lurus semakin meningkat kandungan kadar MAD maka nilai HGI akan semakin meningkat begitupun sebaliknya; 2) Terdapat hubungan positif (sangat rendah) antara kandungan kadar VM terhadap nilai

HGI batubara dimana diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0211 dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,1452. Korelasi antara keduanya berbanding lurus semakin meningkat kandungan kadar VM maka nilai HGI akan semakin meningkat begitupun sebaliknya; 3) Terdapat hubungan negative (rendah) antara kandungan kadar Ash terhadap Nilai HGI batubara dimana diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0588 dengan nilai korelasi (r) sebesar -0,2424. Korelasi antara keduanya berbanding terbalik semakin meningkat kandungan kadar ash maka nilai HGI akan semakin rendah begitupun sebaliknya; 4) Terdapat hubungan positif (rendah) antara kandungan kadar FC terhadap nilai HGI batubara dimana diperoleh nilai *koefisien determinasi* (R^2) sebesar 0,0444 dengan nilai korelasi sebesar 0,2107. Korelasi antara keduanya berbanding lurus semakin meningkat kandungan kadar FC maka nilai HGI akan semakin meningkat begitupun sebaliknya.

6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada PT. Bukit Asam, Tbk. khususnya satuan kerja Laboratorium Penanganan dan Angkutan Batubara (PAB) yang telah memberikan kesempatan kepada untuk melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Lapangan. Segenap *civitas* Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam (AKIPBA) atas dukungan dalam menyelesaikan penelitian.

7. Referensi

- Arif, I (2014). Batubara Indonesia. Jakarta: PT Gramedia Utama.
- Arifki, R. D., Ghony M. A., dan Belatri, N. (2021). Perbandingan metode BS terhadap metode ASTM dalam analisis proksimat batubara. *e-Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri VIII 2021*. ISBN : 978-602-60451-8-8
- Aulia, A., Farid, F., dan Zahar, W. (2021). korelasi parameter analisis proksimat dan analisis ultimat terhadap nilai kalori batubara. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 2(1), 21-30. <https://doi.org/10.31764/jpl.v2i1.4715>
- Diessel, C. F. K. (1992). *Coal Bearing Depositional Systems*. Springer Verlag Berlin. Heidelberg.
- Febryanti dan Yulhendra, D. (2022). Analisis penentuan kualitas batubara berdasarkan uji proksimat di PT. Pelabuhan Universal Sumatera Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 7 (3), 143-150. <https://doi.org/10.24036/bt.v7i3.120574>
- Ghony, A. M. (2022). Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap nilai HGI pada sampel batubara di PT. Bukit Asam, Tbk. *Jurnal Arkainstitue*, 1 (1), 1-7. <https://doi.org/10.55904/hexatech.v1i01.54>

- Hamdani dan Oktarini, Y. (2014). Karakteristik batubara pada Cekungan Meulaboh di Kabupaten Aceh Barat dan Nagan Raya, Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Jurutera*, 1 (1), 77-84. DOI: <https://doi.org/10.55377/jurutera.v1i01.722>
- Hilmi, A., Ulfa, A. M., dan Sulaimansyah, S. (2021). Analisis Proximate, Kandungan Sulfur dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas Batubara. *Indonesian Journal of Engineering*, 1 (2), 85-94. <https://ununtb.e-journal.id/ije/article/view/28>
- Kurniawan, I., Aryansyah, Huda, A. (2020). analisis kualitas batubara sebagai penentu faktor swabakar. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/7807>
- PT. Bukit Asam, Tbk. (2020). Tata cara kerja analisis proksimat (MAD, ASH, VM, dan FC). Tanjung Enim: Laboratorium PAB PT. Bukit Asam, Tbk.
- Purba, D dan Purba, M. (2022). Aplikasi analisis korelasi dan regresi menggunakan pearson product moment dan simple linear regression. *Citra Sains Teknologi*, 1 (2), 97-103. <https://doi.org/10.2421/cisat.v1i2.54>
- Simorangkir, A. T. (2014). Analisis proximate, analisis ultimate dan analisis miscellaneous pada batubara. Institut Teknologi Medan: Tugas Teknik Tambang Diterbitkan.
- Sukandarrumidi. (1995). *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sukandarrumidi. (2006). *Batubara dan Pemanfaatannya: Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.